

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
13 octobre 2005 (13.10.2005)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2005/095872 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷ : F25B 21/00

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2005/000741

(22) Date de dépôt international : 29 mars 2005 (29.03.2005)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0403300 30 mars 2004 (30.03.2004) FR

(71) Déposants et

(72) Inventeurs : MULLER, Christian [FR/FR]; 10, rue
Déserte, F-67000 Strasbourg (FR). DUPIN, Jean-Louis
[FR/FR]; 56, rue Principale, F-68320 Muntzenheim (FR).
HEITZLER, Jean-Claude [FR/FR]; 142, Grand'Rue,
F-68180 Horbourg-Wihr (FR).

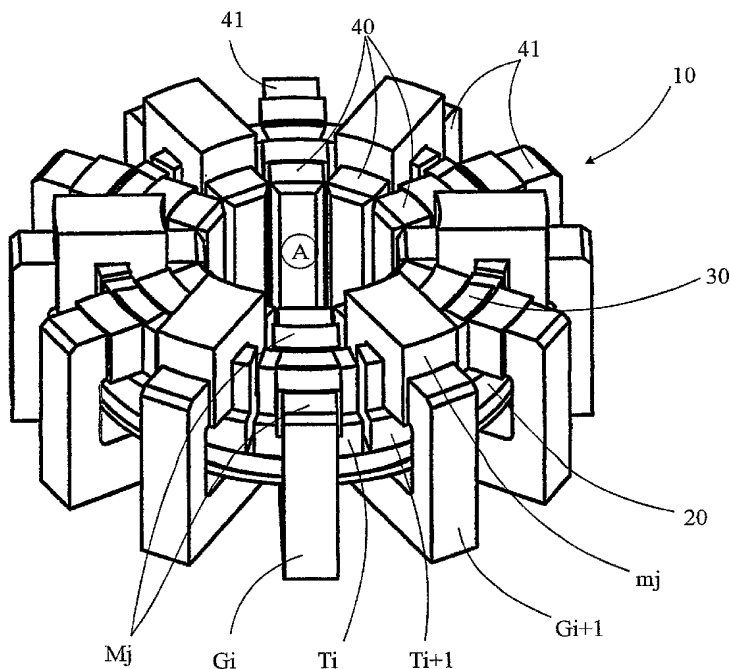
(74) Mandataire : NITHARDT, Roland; Cabinet Nithardt et
Associés S.A., B.P. 1445, F-68071 Mulhouse Cedex (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO,
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,
GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: HEAT GENERATOR COMPRISING A MAGNETO-CALORIC MATERIAL AND THERMIE GENERATING
METHOD

(54) Titre : GENERATEUR THERMIQUE A MATERIAU MAGNETO-CALORIQUE ET PROCEDE DE GENERATION DE
THERMIES



(57) Abstract: The invention relates to a heat generator comprising a magneto-caloric material and a method for generating efficient and reliable thermies enabling of substantially limiting displaceable inert masses in order to produce a magnetic field variation required for obtaining a magnetocaloric effect and usable by individuals and/or industries. The inventive generator (10) comprises magnetocaloric thermal elements (Ti) which are circularly arranged and crossed by conduits containing coolant flowing therethrough and magnetic elements (Gi) exposing said thermal elements (Ti) to a magnetic field action. The generator (10) also comprises magnetic convergence (Mj) and magnetic divergence (mj) elements arranged between the thermal elements (Ti) and the magnetic elements (Gi) and coupled to displacement means (not represented) for moving from one thermal element (Ti) to another thermal element (Ti+1) and initiating the magnetic flux variation in said thermal elements (Ti), thereby promoting the calorie and/or frigorific generation. The invention can be used for tempering, cooling, heating, conserving, drying and air-conditioning.

[Suite sur la page suivante]

WO 2005/095872 A1



KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) **États désignés** (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO,

SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) **Abrégé :** La présente invention concerne un générateur thermique à matériau magnétocalorique et un procédé de génération de thermies efficaces, fiables, permettant de limiter considérablement les masses inertes à déplacer pour réaliser la variation de champ magnétique nécessaire à l'obtention de l'effet magnéto-calorique et utilisables par des particuliers et/ou des industriels. Le générateur (10) comporte des éléments thermiques (Ti) magnéto-calorique disposés en anneau et traversés par des conduits dans lesquels circule un fluide caloporteur ainsi que des éléments magnétiques (Gi) soumettant ces éléments thermiques (Ti) à un champ magnétique. Le générateur (10) comporte également des éléments de convergence magnétique (Mj) et de divergence magnétique (mj) disposés entre les éléments thermiques (Ti) et les éléments magnétiques (Gi) et couplés à des moyens de déplacement (non représentés) pour être mobile d'un élément thermique (Ti) à un autre (Ti+l) et provoquer une variation de flux magnétique au sein desdits éléments thermiques (Ti) favorisant la génération de calories et/ou de frigories. Application : tempérage, refroidissement, chauffage, conservation, séchage, climatisation

GENERATEUR THERMIQUE A MATERIAU MAGNETO-CALORIQUE ET PROCEDE DE GENERATION DE THERMIES

La présente invention concerne un générateur thermique à matériau magnéto-calorique comportant au moins un élément thermique, au moins un élément magnétique destiné à générer un champ magnétique, l'élément thermique étant disposé en regard de l'élément magnétique de manière à pouvoir être soumis à au moins une partie du champ magnétique, le générateur thermique comportant également des moyens de modulation magnétique agencés pour faire varier le champ magnétique reçu par l'élément thermique et des moyens de récupération d'au moins une partie des thermies générées par l'élément thermique soumis à ce champ magnétique variable.

L'invention concerne également un procédé de génération de thermies au cours duquel on soumet au moins un élément thermique à au moins une partie d'un champ magnétique généré par au moins un élément magnétique, on module avec des moyens modulation magnétique le champ magnétique reçu par l'élément thermique et on récupère au moins une partie des thermies générées par l'élément thermique soumis à ce champ magnétique variable.

Les générateurs thermiques à matériau magnéto-calorique connus utilisent les propriétés magnéto-caloriques de certains matériaux tels que le Gadolinium ou certains alliages qui présentent la particularité de s'échauffer sous l'effet d'un champ magnétique et, de se refroidir, à une température inférieure à leur température initiale, après disparition du champ magnétique ou suite à une diminution de ce champ magnétique. En effet, en passant devant le champ magnétique, les moments magnétiques du matériau magnéto-calorique s'alignent, ce qui provoque un réarrangement des atomes générant l'échauffement du matériau magnéto-calorique. Hors du champ magnétique ou en cas de diminution du champ magnétique, le

processus s'inverse et le matériau magnéto-calorique se refroidit jusqu'à atteindre une température inférieure à sa température initiale.

Une équipe de chercheurs américains a développé et mis au point un prototype de générateur thermique à matériau magnéto-calorique comportant un disque formé de secteurs thermiques contenant un matériau magnéto-calorique sous forme d'alliage de gadolinium. Ce disque est guidé en rotation continue autour de son axe de manière à faire défiler ses secteurs thermiques dans et en dehors d'un champ magnétique créé par un aimant permanent fixe chevauchant une partie du disque. En regard de l'aimant permanent, le disque passe dans un bloc de transfert thermique comportant deux circuits de fluide caloporteur destinés l'un à transporter les calories, l'autre les frigories générées par les secteurs thermiques soumis alternativement à la présence et à l'absence du champ magnétique. Le bloc de transfert thermique comporte des orifices, débouchant sur le disque en rotation, et permettant le contact entre le fluide caloporteur et les secteurs thermiques en rotation. Malgré la présence de joints tournants, il est très difficile, d'assurer l'étanchéité entre les secteurs thermiques et le bloc de transfert thermique sans pénaliser le rendement global du générateur thermique. De plus, chaque fois qu'un secteur thermique est ou non soumis au champ magnétique et donc s'échauffe ou se refroidit, il faut commuter les entrées et sorties correspondantes au circuit chaud ou au circuit froid. Ce dispositif est donc complexe, peu fiable, d'un rendement limité et n'est pas satisfaisant.

La publication WO-A-03/050456 décrit un générateur thermique sensiblement similaire au précédent et utilisant deux aimants permanents. Ce générateur thermique comporte une enceinte annulaire monobloc délimitant douze compartiments thermiques séparés par des joints et recevant chacun du gadolinium sous forme poreuse. Chaque compartiment thermique est pourvu au minimum de quatre orifices dont un orifice d'entrée et un orifice de sortie reliés à un circuit chaud et un orifice d'entrée et un orifice de sortie reliés à un circuit froid. Les deux aimants permanents

sont animés d'un mouvement de rotation continue de sorte qu'ils balayent les différents compartiments thermiques en les soumettant successivement à un champ magnétique. Les calories et/ou frigories émises par les compartiments thermiques sont guidées vers des échangeurs de chaleur par des circuits chaud et froid de fluide caloporteur auxquels ils sont successivement raccordés par l'intermédiaire de plusieurs joints tournants dont la rotation est couplée, par une ou plusieurs courroies, à l'axe d'entraînement en rotation continue des deux aimants. Ce générateur thermique simule ainsi le fonctionnement d'un anneau liquide.

Pour fonctionner, ce générateur thermique nécessite des rotations continues, synchrones et précises des différents joints rotatifs et des aimants permanents. Les impératifs de commutation et d'étanchéité liés à ces rotations rendent ce générateur thermique techniquement difficile et coûteux à réaliser. De plus, le principe de fonctionnement en continu rend les perspectives d'évolution technique de ce générateur thermique très limitées.

La présente invention se propose de pallier ces inconvénients en offrant un générateur thermique à matériau magnéto-calorique efficace, fiable, de conception simple, peu onéreux, faible consommateur d'énergie électrique, ayant un bon rendement, ne nécessitant pas de moyens de synchronisation entre les déplacements des éléments magnéto-caloriques, ne nécessitant pas de moyens de commutation alternatifs aux circuits chaud et froid tels que décrits dans le prototype des chercheurs américains préalablement cité, permettant de limiter considérablement les masses inertes à déplacer pour réaliser la variation de champ magnétique nécessaire à l'obtention de l'effet magnéto-calorique et pouvant être utilisé aussi bien dans des installations industrielles de grande échelle que pour dans applications domestiques.

Dans ce but, l'invention concerne un générateur thermique à matériau magnéto-calorique du genre indiqué en préambule, caractérisé en ce que les moyens de

modulation magnétique comportent au moins un élément de modulation magnétique, magnétiquement conducteur, couplé à des moyens de déplacement agencés pour le déplacer alternativement par rapport à l'élément magnétique et à l'élément thermique, entre une position active dans laquelle il est rapproché de l'élément magnétique et de l'élément thermique et agencé pour canaliser au moins la partie du champ magnétique destinée à être reçue par l'élément thermique et une position inactive dans laquelle il est éloigné de l'élément magnétique et/ou de l'élément thermique et agencé pour être sans effet sur cette partie de champ magnétique.

L'élément de modulation magnétique peut être un élément de convergence magnétique réalisé dans un matériau présentant une conductivité magnétique supérieure à celle existant dans le milieu ambiant séparant l'élément magnétique et l'élément thermique, cet élément de convergence magnétique étant agencé pour, en position active, favoriser le passage du champ magnétique en direction de l'élément thermique ayant pour effet d'augmenter le champ magnétique le traversant.

L'élément de modulation magnétique peut également être un élément de divergence magnétique réalisé dans un matériau présentant une conductivité magnétique supérieure à celle de l'élément thermique, cet élément de divergence magnétique ayant au moins une forme apte à contourner l'élément thermique et agencée pour, en position active, dévier au moins une partie du champ magnétique de l'élément thermique ayant pour effet de diminuer le champ magnétique le traversant.

L'élément de modulation magnétique est avantageusement réalisé au moins dans l'un des matériaux choisis dans le groupe comprenant le fer doux, les ferrites, les alliages de fer, de chrome, de vanadium, les composites, les nano-composants, les permalloys.

Selon un mode de réalisation préférentiel, le générateur thermique comporte au moins un élément de convergence magnétique appelé aussi loupe magnétique et au moins un

élément de divergence magnétique appelé aussi divergent ou shunt thermique agencés pour permettre alternativement de favoriser le passage du champ magnétique en direction de l'élément thermique et de dévier le champ magnétique de l'élément thermique.

En position active, l'élément de modulation magnétique est avantageusement interposé entre l'élément magnétique et l'élément thermique.

L'élément magnétique comporte de préférence au moins une borne magnétique positive et au moins une borne magnétique négative, l'élément thermique étant disposé entre les bornes magnétiques, et l'élément de modulation magnétique étant, au moins en position active, interposé entre au moins les bornes magnétiques.

De manière avantageuse :

- l'élément de convergence magnétique peut comporter deux pastilles de convergence placées, en position active, de part et d'autre de l'élément thermique entre l'élément thermique et les bornes magnétiques, et/ou
- l'élément de divergence magnétique peut présenter une forme en U ou en C destinée à chevaucher, au moins en position active, l'élément de thermique, entre l'élément thermique et les bornes magnétiques.

Selon une autre manière avantageuse, l'élément de divergence magnétique m_j comporte au moins un plot destiné à être disposé, en position active, de manière tangente aux éléments thermique T_i et aux bornes magnétiques, l'entrefer séparant l'élément thermique T_i des bornes magnétiques 40, 41 restant libre. Cet entrefer peut être compris entre 0 mm et 50 mm et de préférence inférieur à 1 mm.

L'élément magnétique peut présenter une forme en U ou en C, sans limitation de forme, destinée à chevaucher ledit élément de modulation magnétique.

Les moyens de déplacement peuvent être agencés pour entraîner l'élément de modulation magnétique selon au moins l'un des déplacements choisis dans le groupe comprenant la rotation continue, la rotation pas à pas, le pivotement alternatif, la translation continue, la translation pas à pas, la translation alternative, une combinaison de ces déplacements.

Les moyens de déplacement sont de préférence couplés à des moyens d'actionnement choisis dans le groupe comprenant un moteur, un vérin, un mécanisme à ressort, un aérogénérateur, un électroaimant, un hydrogénérateur, un mécanisme à force musculaire.

L'élément de modulation magnétique est avantageusement porté par un support couplé aux moyens de déplacement et réalisé dans un matériau magnétiquement isolant choisi dans le groupe comprenant notamment les matériaux synthétiques, le laiton, le bronze, les aluminiums, les céramiques.

Le générateur thermique comporte de préférence au moins un ensemble d'éléments magnétiques, un ensemble d'éléments thermiques chacun destiné à être soumis au champ magnétique d'au moins un des éléments magnétiques, un ensemble d'éléments de modulation magnétique portés par un support couplé aux moyens de déplacement et agencé pour déplacer simultanément les éléments de modulation magnétique pour que chacun soit, par rapport à un élément thermique et à un élément magnétique donnés, alternativement en position active et en position inactive.

Selon un premier mode de réalisation, le support comporte au moins un plateau sensiblement circulaire, mobile en rotation autour de son axe, les éléments thermiques étant disposés en anneau et les éléments magnétiques formant au moins une paire de couronnes définissant les bornes magnétiques positive et négative.

Dans cette configuration, le plateau est de préférence pourvu d'une gorge définissant l'intervalle séparant les pastilles de convergence des éléments de convergence magnétique entre-elles et/ou l'ouverture de la forme en U ou en C des éléments de divergence magnétique. Cette gorge peut être disposée axialement et sensiblement parallèlement à l'axe du plateau ou radialement et sensiblement perpendiculairement à l'axe du plateau.

Selon un second mode de réalisation, le support comporte au moins une barre sensiblement rectiligne, mobile en translation, les éléments thermiques étant disposés selon au moins une ligne portée par une traverse et les éléments magnétiques formant au moins une paire de rangées définissant les bornes magnétiques positive et négative.

Dans cette configuration, les éléments thermiques peuvent être disposés selon deux lignes sensiblement parallèles portées par des traverses reliées et définissant un cadre.

De manière avantageuse, les éléments magnétiques peuvent être formés d'une pièce unique.

L'élément magnétique est de préférence choisi dans le groupe comprenant un assemblage magnétique, un aimant permanent, un électro-aimant, un aimant supraconducteur, un électro-aimant supra-conducteur, un supra-conducteur.

Selon un mode de réalisation particulier, l'élément magnétique et l'élément thermique sont fixes et seul l'élément de modulation magnétique est mobile.

De manière avantageuse, les moyens de récupération comportent au moins l'un des éléments choisis dans le groupe comprenant un circuit de transport contenant un

fluide caloporteur, des moyens de circulation de ce fluide caloporteur, un échangeur thermique.

L'invention concerne également un procédé de génération de thermies du genre indiqué en préambule, caractérisé en ce que pour faire varier le champ magnétique reçu par l'élément thermique, on utilise au moins un élément de modulation magnétique, magnétiquement conducteur, que l'on déplace entre au moins une position active dans laquelle il est rapproché de l'élément magnétique et de l'élément thermique et agencé pour canaliser au moins la partie du champ magnétique destinée à être reçue par l'élément thermique et une position inactive dans laquelle il est éloigné de l'élément magnétique et/ou de l'élément thermique et agencé pour être sans effet sur cette partie de champ magnétique.

De manière préférentielle, on utilise au moins un élément magnétique définissant au moins une borne positive et une borne négative entre lesquelles on dispose l'élément thermique et en ce qu'en position active, on interpose l'élément de modulation magnétique entre au moins les bornes magnétiques de l'élément magnétique.

La présente invention et ses avantages apparaîtront mieux dans la description suivante de plusieurs modes de réalisation, donnée à titre d'exemples non limitatifs en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 est une vue en perspective d'un générateur thermique partiellement assemblé selon un premier mode de réalisation de l'invention,
- les figures 2A–2C sont des vues en perspective sensiblement similaires à la précédente dans lesquelles le générateur thermique est représenté à différents stades d'assemblage,

- la figure 3A est une vue de dessus du générateur thermique de la figure 2A et les figures 3B et 3C des vues selon le plan de coupe AA de la figure 3A,
- les figures 4A et 4B sont respectivement des vues de dessous et en perspective de l'élément de modulation magnétique de la figure 3A et la figure 4C une vue en coupe selon le plan de coupe BB de la figure 4A,
- la figure 5A est une vue similaire à la figure 3A du générateur thermique de l'invention selon un second mode de réalisation, les figures 5B et 5C étant des vues selon le plan de coupe CC de la figure 5A,
- les figures 6A et 6B sont respectivement des vues de dessous et en perspective de l'élément de modulation magnétique de la figure 5A, la figure 6C étant une vue en coupe selon le plan de coupe DD de la figure 6A,
- les figures 7A-7D sont respectivement des vues en perspective, de dessus et en coupe du générateur thermique de l'invention selon une variante de réalisation, la figure 7D étant une vue en perspective de l'élément de modulation magnétique de la figure 7C,
- les figures 8A et 8B sont respectivement des vues en coupe et en perspective d'une autre variante de réalisation de l'élément de modulation magnétique,
- les figures 9A et 9B sont respectivement des vues de dessus et en perspective d'un troisième mode de réalisation d'un générateur thermique selon l'invention, et
- les figures 9C et 9D sont des vues en coupe du dispositif des figures respectivement selon les plans de coupe EE et FF du générateur de la figure 9A, et,

- la figure 10 représente en section un quatrième mode de réalisation d'un générateur thermique selon l'invention.

De manière connue, un générateur thermique à matériau magnéto-calorique, comporte des éléments thermiques T_i , soumis au champ magnétique généré par des éléments magnétiques G_i . Les éléments thermiques T_i contiennent un matériau magnéto-calorique tel que par exemple du gadolinium (Gd), un alliage de gadolinium contenant par exemple du silicium (Si), du germanium (Ge), du fer (Fe), du magnésium (Mg), du phosphore (P), de l'arsenic (As) ou tout autre matériau ou alliage magnéto-calorique équivalent. De manière générale, le matériau magnéto-calorique peut se présenter sous la forme d'un bloc, d'une pastille, de poudre, d'un agglomérat de morceaux ou de toute autre forme adaptée et peut être à base d'un matériau seul ou d'une combinaison de plusieurs matériaux magnéto-caloriques.

Les éléments magnétiques G_i peuvent comporter un ou plusieurs aimants permanents pleins, frittés ou feuilletés, associés à un ou plusieurs matériaux magnétisables concentrant et dirigeant les lignes de champ magnétique de l'aimant permanent. Les matériaux magnétisables peuvent contenir du fer (Fe), du cobalt (Co), du Vanadium (V), du fer doux, un assemblage de ces matériaux ou tout matériau équivalent. Tout autre type d'aimant équivalent tel qu'un assemblage magnétique, un électro-aimant, un aimant supraconducteur, un électro-aimant supra-conducteur, un supraconducteur peut bien entendu être utilisé.

Par souci de simplification, dans la suite de la description on appellera "générateur", le générateur thermique à matériau magnéto-calorique selon l'invention.

Avant d'entrer dans les détails constructifs de différents modes de réalisation du générateur selon l'invention, son principe général de fonctionnement est expliqué ci-après en référence à l'ensemble des figures.

Ce générateur 10-14 comporte des éléments de modulation magnétique M_j , m_j réalisés en matériau magnétiquement conducteurs tel que par exemple du fer doux, des ferrites, des alliages de fer, de chrome, de vanadium, des composites, des nano-composants, des permalloys ou en tout autre matériau présentant des caractéristiques similaires. Chaque élément de modulation magnétique M_j , m_j est couplé à des moyens de déplacement (non représentés) pour être mobile de manière alternative entre une position active et une position inactive par rapport aux éléments thermiques T_i et aux éléments magnétiques G_i dans le but de créer une variation du champ magnétique reçu par les éléments thermiques T_i .

En position active, chaque élément de modulation magnétique M_j , m_j est rapproché d'un élément magnétique G_i et d'un l'élément thermique T_i pour favoriser le passage du champ magnétique émis par l'élément magnétique G_i au travers de l'élément de modulation magnétique M_j , m_j en direction de l'élément thermique T_i , générant une augmentation du champ magnétique reçu par l'élément thermique T_i .

En position inactive, l'élément de modulation magnétique M_j , m_j est éloigné de l'élément magnétique G_i et/ou de l'élément thermique T_i pour ne plus avoir d'impact notable sur le champ magnétique émis par l'élément magnétique G_i générant une diminution ou variation du champ magnétique reçu par l'élément thermique T_i .

Il est bien entendu que la position active de l'élément de modulation magnétique M_j , m_j par rapport à un couple d'éléments magnétique G_i et thermique T_i peut correspondre à la position inactive du même élément de modulation magnétique M_j ,

m_j par rapport à un couple d'éléments magnétique G_{i+1} et thermique T_{i+1} , ces derniers étant par exemple adjacents aux précédents.

Les éléments de modulation magnétique peuvent être des éléments de convergence magnétique M_j réalisés dans un matériau présentant une conductivité magnétique supérieure à celle existant entre les éléments magnétiques G_i et les éléments thermiques T_i , par exemple à celle de l'air. En position active, ces éléments de convergence magnétique M_j favorisent le passage du champ magnétique, au travers d'eux puis au travers des éléments thermiques T_i disposés en regard. Ainsi, lorsque l'élément de convergence magnétique M_j est approché d'un couple d'éléments magnétique G_i et thermique T_i , en position active, l'élément thermique T_i est soumis à un champ magnétique supérieur à celui subi lorsque l'élément de convergence magnétique M_j est éloigné du couple d'éléments magnétique G_i et thermique T_i , en position inactive.

Les éléments de modulation magnétique peuvent également être des éléments de divergence magnétique m_j , réalisés dans un matériau présentant une conductivité magnétique supérieure à celle des éléments thermiques T_i et présentant chacun une forme apte à contourner l'élément thermique T_i . En position active, ces éléments de divergence magnétique m_j , favorisent le passage du champ magnétique au travers d'eux, le champ magnétique contournant l'élément thermique T_i disposé en regard. Ainsi, lorsque l'élément de divergence magnétique m_j est rapproché d'un couple d'éléments magnétique G_i et thermique T_i , en position active, l'élément thermique T_i est soumis à un champ magnétique nul ou au moins inférieur à celui subi lorsque l'élément de divergence magnétique m_j est éloigné du couple d'éléments magnétique G_i et thermique T_i , en position inactive.

Comme détaillé plus loin, il est bien entendu possible de cumuler l'efficacité des deux types d'éléments de modulation magnétique M_j , m_j en utilisant de manière alternative,

pour chaque paire d'éléments magnétique G_i et thermique T_i , un élément de divergence magnétique m_j et un élément de convergence magnétique M_j .

En référence aux figures 1 à 6, et selon un premier mode de réalisation, le générateur 10-11 comporte un ensemble de douze éléments thermiques T_i disposés en cercle de centre A sur une plaque d'interface 20, annulaire, pour former un anneau thermique. Chaque élément thermique T_i comporte un bloc de matériau magnéto-calorique 30 et est traversé par deux conduits (non représentés), débouchants par des orifices d'entrée chaud et froid et des orifices de sortie chaud et froid. Ces conduits sont destinés à recevoir respectivement le fluide caloporteur à réchauffer et le fluide caloporteur à refroidir.

La plaque d'interface 20 est réalisée en un matériau mécaniquement rigide et thermiquement isolant par exemple un matériau composite, un matériau synthétique ou tout autre matériau équivalent. L'étanchéité est assurée par une plaque d'étanchéité 22 réalisée dans un matériau mécaniquement rigide et thermiquement isolant, par exemple un matériau composite, un matériau synthétique ou tout autre matériau équivalent. Elle comporte quatre orifices 21 dont un orifice d'arrivée circuit froid, un orifice d'évacuation circuit froid, un orifice d'arrivée circuit chaud et un orifice d'évacuation circuit chaud. Ces orifices 21 sont destinés à être reliés par des moyens de raccordement et de distribution traditionnels (non représentés) à un circuit externe chaud et à un circuit externe froid (non représentés). Les éléments thermiques T_i étant fixes, le raccordement des circuits externes froid et chauds aux orifices 21 d'arrivée et d'évacuation est réalisé par de simples raccords hydrauliques rapides ou non.

Les circuits externes chaud et froid sont par exemple formés de conduits rigides, semi-rigides ou souples dans lesquels les fluides caloporteurs circulent et raccordés chacun à un ou plusieurs échangeurs thermiques (non représentés) ou tout autre moyen équivalent permettant la récupération des calories et des frigories. Comme

décrit plus loin, cet échangeur thermique 10-11 permet ainsi, de récupérer simultanément les calories et les frigories émises par les éléments thermiques T_i de l'anneau thermique.

La circulation des fluides caloporteurs est par exemple assurée par des moyens de circulation forcée ou libre (non représentés) tels que par exemple une pompe ou tout autre moyen équivalent. Les fluides caloporteurs utilisés sont choisis notamment en fonction de la plage de température voulue. On utilise par exemple de l'eau pure pour des températures positives et de l'eau additionnée d'antigel pour des températures négatives. Pour des températures très basses, un gaz tel que l'hélium peut être utilisé comme fluide caloporteur.

Les orifices 21 d'arrivée et d'évacuation de chacun des circuits chaud et froid sont reliés entre eux par des canalisations (non représentées) chaudes et froides, internes à la plaque d'interface 20 et prévues débouchantes en regard respectivement des orifices d'entrée et de sortie des éléments thermiques T_i . Ainsi, la canalisation chaude relie les orifices d'arrivée et d'évacuation du circuit chaud aux orifices d'entrée et de sortie chauds. De même, la canalisation froide relie les orifices d'arrivée et d'évacuation du circuit froid aux orifices d'entrée et de sortie froids. Ces canalisations peuvent être prévues pour relier les éléments thermiques T_i en parallèle ou en série. Elles peuvent être réalisées par exemple par usinage ou par moulage.

Le générateur 10-11 comporte douze éléments magnétiques G_i ayant chacun une forme en U ou en C définissant une borne magnétique positive 40 et une borne magnétique négative 41. Ces éléments magnétiques G_i sont disposés à distance en cercle concentrique au centre A de manière à chevaucher les éléments thermiques T_i de l'anneau thermique. Les éléments magnétiques G_i peuvent bien entendu avoir toute autre forme adaptée.

En référence aux figures 1 à 4C, les ouvertures des formes en U ou en C des éléments magnétiques G_i sont orientées axialement, sensiblement parallèlement à l'axe du cercle passant par A et défini par les éléments magnétiques G_i , de manière à définir, par rapport à l'anneau thermique, une couronne magnétique extérieure, par exemple négative, et une couronne magnétique intérieure, par exemple positive, ou inversement, ou une combinaison de paires de bornes positives ou négatives sans ordre particulier. Ainsi, chaque élément thermique T_i est disposé entre une borne magnétique positive 40 et une borne magnétique négative 41.

Les moyens de modulation magnétique comportent six éléments de convergence magnétique M_j et six éléments de divergence magnétique m_j disposés en cercle de centre A, en alternance et portés par un support 52a. Les éléments de convergence magnétique M_j comportent deux pastilles de convergence 50 disposées en regard l'une de l'autre et séparées par un intervalle suffisant pour recevoir un élément thermique T_i sans contact entre ces éléments thermiques T_i et les bornes magnétiques 40, 41 qui les encadrent. Les éléments de divergence magnétique m_j définissent chacun une forme 51 en U ou en C chevauchant certains éléments thermiques T_i , entre ces éléments thermiques T_i et les bornes magnétiques 40, 41 qui les encadrent.

Dans cet exemple, les éléments de convergence magnétique M_j et de divergence magnétique m_j sont disposés de manière alternative sur le support 52a. Ainsi, dans une position donnée, les éléments de convergence magnétique M_j se trouvent dans l'environnement immédiat d'un élément thermique T_i , T_{i+2} sur deux et les éléments de divergence magnétique m_j se trouvent dans l'environnement immédiat d'un élément thermique T_{i+1} , T_{i+3} sur deux. Le support comporte un plateau 52a sensiblement circulaire, coaxial aux couronnes magnétiques et à l'anneau thermique. Les pastilles de convergence 50 et les formes de divergence 51 en U ou en C sont intégrées au plateau 52 qui comporte à cet effet des logements 53a (Cf. figure 4B, 4C) les recevant et une rainure 54a (Cf. figures 4A, 4B) définissant les intervalles dans lesquels les éléments

thermiques T_i circulent librement et sans contact. Ce plateau 52a est réalisé dans un matériau magnétiquement isolant tel que par exemple les matériaux synthétiques, le laiton, le bronze, les aluminiums, les céramiques, etc. Il est couplé à des moyens de déplacement (non représentés) pour être mobile en rotation autour de son axe passant par A.

Les moyens de déplacement sont par exemple couplés à des moyens d'actionnement tel qu'un moteur, un vérin, un mécanisme à ressort, un aérogénérateur, un électroaimant, un hydrogénérateur ou tout autre actionneur adapté. Ils entraînent le plateau 52a en déplacement, par exemple en rotation continue, en rotation pas à pas, en pivotement alternatif ou en toute combinaison de ces déplacements.

Le fonctionnement du générateur 10 peut être décomposé en deux étapes réalisées de manière continue, pas à pas ou alternativement en fonction des moyens de déplacement utilisés. Les deux étapes sont, à titre d'exemple, décrites ci-après de manière séquentielle. Il est bien entendu que le passage d'une étape à l'autre peut être progressif. On considère de manière arbitraire que les éléments magnétiques G_i émettent en permanence leur champ magnétique.

Lors de la première étape et de manière simultanée :

1) Les éléments de convergence magnétique M_j disposés entre chaque élément thermique T_i , T_{i+2} et les éléments magnétiques G_i correspondants concentrent les lignes des champs magnétiques générés par ces éléments magnétiques G_i pour favoriser leur passage au travers d'eux et des éléments thermiques T_i , T_{i+2} . Ainsi, les éléments de convergence magnétique M_j sont en position active par rapport aux éléments thermiques T_i , T_{i+2} qui reçoivent une quantité de champ magnétique supérieure à celle qu'ils auraient reçue en l'absence de ces éléments de convergence magnétique M_j . Par ailleurs, ces mêmes éléments de convergence magnétique M_j sont

en position inactive par rapport aux éléments thermiques T_{i+1} et T_{i+3} adjacents pour lesquels ils n'ont pas d'influence par rapport aux champs magnétiques auxquels ils sont soumis. Les éléments thermiques T_i , T_{i+2} soumis à l'augmentation de champ magnétique s'échauffent. Ils transmettent leurs calories au fluide caloporteur chaud du circuit chaud vers les échangeurs de calories.

2) Les éléments de divergence magnétique m_j disposés entre chaque élément thermique T_{i+1} , T_{i+3} et les éléments magnétiques G_i correspondants divergent et dévient le long de leur forme en U ou en C les lignes les champs magnétiques générés par ces éléments magnétiques G_i qui contournent les éléments thermiques T_{i+1} , T_{i+3} . Ainsi, les éléments de divergence magnétique m_j sont en position active par rapport aux éléments thermiques T_{i+1} et T_{i+3} qui reçoivent une quantité de champ magnétique quasiment inexistante et, en tout état de cause nettement inférieure à celle qu'ils auraient reçue en l'absence des éléments de convergence magnétique m_j . Par ailleurs, ces mêmes éléments de divergence magnétique m_j sont en position inactive par rapport aux éléments thermiques T_i , T_{i+2} adjacents pour lesquels ils n'ont pas d'influence par rapport aux champs magnétiques auxquels ils sont soumis. Les éléments thermiques T_i , T_{i+2} soumis à la réduction de champ magnétique se refroidissent et transmettent leurs frigories au fluide caloporteur froid du circuit froid vers les échangeurs de thermies.

Ainsi, de manière simultanée on obtient :

- une convergence magnétique vers les éléments thermiques T_i , T_{i+2} qui s'échauffent par l'intermédiaire des éléments de convergence magnétique M_j , et
- une divergence magnétique par rapport aux éléments thermiques T_{i+1} , T_{i+3} qui se refroidissent.

Pour passer de la première à la seconde étape, les moyens de déplacement entraînent le plateau 52a d'un pas correspondant à l'entraxe séparant deux éléments thermiques T_i , T_{i+1} adjacents de manière à amener ;

- les éléments de convergence magnétique M_j entre les éléments thermiques T_{i+1} , T_{i+3} et les éléments magnétiques G_i correspondants, et
- les éléments de divergence magnétique m_j entre les éléments thermiques T_i , T_{i+2} et les éléments magnétiques G_i correspondants.

Les éléments thermiques T_{i+1} , T_{i+3} soumis à une augmentation de champ magnétique s'échauffent et transmettent leurs calories et les éléments thermiques T_i , T_{i+2} soumis à une réduction de champ magnétique se refroidissent et transmettent leurs frigories.

On passe ensuite de la seconde étape à une nouvelle étape par rotation du plateau 52a et ainsi de suite, chaque élément thermique t_i , T_{i+1} , T_{i+2} , T_{i+3} étant ainsi alternativement soumis à l'augmentation et à la diminution de champ magnétique provoquant une variation de champ magnétique favorable pour produire des frigories et/ou des calories.

En référence aux figures 5 et à 6, le générateur 11 se différencie du précédent par le fait que les moyens de modulation magnétique comportent six éléments de convergence magnétique M_j mais pas d'éléments de divergence magnétique. Les éléments de convergence magnétique M_j sont disposés de manière sensiblement identique à l'exemple précédent, le plateau 52b étant plein entre les éléments de convergence magnétique M_j .

Le fonctionnement de ce générateur 11 est sensiblement similaire à celui du générateur 10 précédent. Un élément thermique T_i , T_{i+2} sur deux est soumis par l'intermédiaire d'un élément de convergence magnétique M_j , à une augmentation de champ magnétique. Les autres éléments thermiques (non représentés) sont soumis à

une diminution de champ magnétique, ce dernier étant diffus et gêné par la forme en U du plateau 52b dont les branches 55 (Cf. figures 6A, 6B et 6C) en matériau magnétiquement isolant ou neutre s'interposent entre les éléments magnétiques Gi et les éléments thermiques Ti.

En référence aux figures 7 et 8, les générateurs 12 sont sensiblement identiques aux précédents. Ils s'en différencient notamment par le fait qu'ils comportent huit éléments magnétiques Gi et huit éléments thermiques Ti. De plus, les ouvertures des formes en U ou en C des éléments magnétiques Gi sont orientées radialement et sensiblement perpendiculairement à l'axe passant par A et définissent deux couronnes magnétiques de diamètre sensiblement égal et de centre A. Aussi, les rainures 54c-d des plateaux 52c-d sont prévues radiales. Le fonctionnement de ces générateurs 12 est sensiblement similaire à celui des générateurs précédents.

Dans l'exemple des figures 7A-7D, les moyens de modulation magnétique comportent quatre éléments de convergence magnétique Mj et quatre éléments de divergence magnétique mj disposés de manière alternative et portés par le plateau 52c.

Dans l'exemple des figures 8A et 8B, les moyens de modulation magnétique comportent quatre éléments de convergence magnétique Mj mais pas d'éléments de divergence magnétique. Les éléments de convergence magnétique Mj comportent des formes en U ou en C dont les branches définissent des pastilles de convergence 51 disposées de manière sensiblement identique à l'exemple précédent, le plateau 52d étant plein entre ces éléments de convergence magnétique Mj pour s'interposer au champ magnétique.

Les figures 9A-9D illustrent un autre mode de réalisation du générateur 14 selon l'invention. Ce générateur 14 comporte dix éléments thermiques Ti disposés selon deux lignes portées par des traverses 70 reliées et formant un cadre 72. Ce cadre 72

comporte des orifices 71 d'arrivée et d'évacuation des circuits froid et chaud reliés comme précédemment décrit par des canalisations non représentées.

Ce générateur 14 comporte trois éléments de modulation magnétique M_j portés par un support comportant une barre 52e sensiblement rectiligne prévue entre les lignes d'éléments thermiques T_i . Cette barre 52e est réalisée en un matériau mécaniquement rigide et thermiquement isolant par exemple un matériau composite, un matériau synthétique, un matériau composite ou tout autre matériau équivalent. Les éléments de modulation magnétique M_j sont disposés, de part et d'autre sur la barre 52e, de manière à chevaucher une paire d'éléments thermiques T_i , T_{i+2} ou T_{i+1} , T_{i+3} sur deux.

Dans cet exemple, les éléments de modulation magnétique sont des éléments de convergence magnétique M_j . Il est bien entendu possible de prévoir un générateur sensiblement similaire et comportant également des éléments de divergence magnétique.

La barre 52e est couplée aux moyens de déplacement pour être mobile en translation et ainsi déplacer les éléments de convergence magnétique M_j par rapport aux éléments thermiques T_i . Cette translation peut être continue, pas à pas, alternative. Ce générateur 14 comporte dix éléments magnétiques G_i en forme de U, de C ou similaire, alignés en rangées, chaque rangée définissant des bornes magnétiques positives 40 et négatives 41 (Cf. figure 9C et 9D), chevauchant les éléments thermiques T_i par-dessus ou non les éléments de convergence magnétique M_j .

Le fonctionnement de ce générateur 14 est sensiblement similaire à celui du générateur 11, des figures 6 et 8. Il s'en différencie néanmoins par le fait qu'entre deux éléments de convergence magnétique M_j , le champ magnétique n'est pas stoppé ou limité par la barre 52e tel qu'il l'était par le plateau 52b, 52d, mais simplement par l'air

et/ou le milieu ambiant compris entre les éléments magnétiques G_i et les éléments thermiques T_i . La variation de champ magnétique est ainsi obtenue par la différence de conduction magnétique entre l'air et/ou le milieu ambiant et le matériau magnétiquement conducteur des éléments de convergence magnétique M_j .

Dans les exemples décrits, les éléments magnétiques G_i et les éléments thermiques T_i sont fixes. Il est bien entendu que, si nécessaire pour le fonctionnement général d'une installation, les uns et/ou les autres peuvent être prévus mobiles.

Selon une variante de réalisation non représentée, les éléments magnétiques peuvent être formés d'une pièce unique. Dans le cas des générateurs circulaires, il peut s'agir de couronnes extérieure et intérieure pleines et/ou d'un moyeu intérieur.

Selon un autre mode de réalisation représenté par la figure 10, les éléments de modulation magnétique sont disposés de manière tangente aux éléments magnétiques et aux éléments thermiques et non disposés entre-eux. Dans cet exemple, le générateur 13 comporte des éléments de divergence magnétique m_j portés par un plateau 52f d'axe A, mobile en rotation et alternant avec des zones pleines du plateau 52f. Chaque élément de divergence magnétique m_j comporte au moins un plot 500 pourvu de formes complémentaires à celles de l'élément thermique T_i et des bornes magnétiques 40, 41 de manière à pouvoir, en position active, s'interposer entre les bornes magnétiques 40, 41 sans pour autant s'interposer entre les bornes magnétiques 40, 41 et l'élément thermique T_i . En position active, l'élément thermique T_i est disposé de manière tangente aux éléments thermiques T_i et aux bornes magnétiques 40, 41. Les éléments thermiques sont séparés des bornes magnétiques 40, 41 par un entrefer E compris entre 0 mm et 50 mm et de préférence inférieur à 1 mm. Cet entrefer E est laissé libre en position active et en position inactive et autorise le passage du champ magnétique entre les bornes magnétiques 40, 41 et l'élément thermique T_i .

Le fonctionnement de ce générateur 13 est sensiblement similaire à celui du générateur 11 précédemment décrit, à la différence près qu'il s'agit ici d'éléments de divergence magnétique m_j et non de convergence magnétique. En position inactive, l'élément de divergence magnétique m_j est éloigné de l'élément thermique T_i et des bornes magnétiques 40, 41. De ce fait, le champ magnétique passe librement au travers de l'élément thermique T_i qui s'échauffe. En position active, l'élément de divergence magnétique m_j est tangent aux éléments thermiques T_i et aux bornes magnétiques 40, 41. L'élément de divergence magnétique m_j étant magnétiquement plus conducteur que l'air ou le milieu ambiant de l'entrefer E , le champ magnétique est dévié et évite l'élément thermique T_i qui se refroidit.

Ce générateur thermique 10-14 peut être couplé à d'autres générateurs similaires ou non avec lesquels il peut être relié en série et/ou en parallèle et/ou une combinaison série/parallèle pour augmenter les capacités thermiques d'une installation sans en compliquer ni le fonctionnement ni l'architecture, le déplacement des éléments de modulation magnétique étant aisé à réaliser. Chaque générateur 10-14 peut comporter un nombre d'élément thermique, d'éléments magnétiques et/ou d'éléments de modulation magnétique différents de ceux décrits, ce nombre n'étant pas limité.

Ce générateur 10-14 permet ainsi, de manière simple de produire des frigories et/ou des calories puisque seuls les éléments de modulation magnétique doivent être déplacés. Ces frigories et calories peuvent être utilisées pour chauffer, refroidir, tempérer, climatiser un local, un appareil, un lieu et être utilisées tant dans des applications industrielles que domestiques. La construction particulière de ce générateur 10-14 permet de s'affranchir de tout problème d'étanchéité dans les circuits thermiques et de limiter considérablement les masses inertes à déplacer pour réaliser la variation de champ magnétique nécessaire pour obtenir l'effet magnéto-calorique.

Dans les exemples décrits, le milieu ambiant est de l'air. Il est bien entendu que le générateur 10-14 peut être utilisé dans tout autre type de milieu ambiant adapté. Il est également possible d'utiliser un générateur 10-14 comportant un milieu ambiant interne spécifique tel qu'un gaz, ce générateur 10-14 étant disposé dans un milieu ambiant externe différent, par exemple un autre gaz ou tout autre fluide. Dans ce cas, les deux milieux ambiants pourront être isolés l'un de l'autre par exemple par un carter.

Cette description met bien en évidence que le générateur 10-14 selon l'invention permet de répondre aux buts fixés en proposant un générateur 10-14 efficace, de conception, de fonctionnement et d'asservissement simples et donc moins cher à réaliser et à utiliser que les générateurs traditionnels. Il permet de plus de limiter considérablement les masses inertes à déplacer pour réaliser la variation de champ magnétique nécessaire à l'obtention de l'effet magnéto-calorique.

La présente invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation décrits mais s'étend à toute modification et variante évidentes pour un homme du métier tout en restant dans l'étendue de la protection définie dans les revendications annexées.

Revendications

1. Générateur thermique (10-14) à matériau magnéto-calorique comportant au moins un élément thermique (Ti), au moins un élément magnétique (Gi) destiné à générer un champ magnétique, ledit élément thermique (Ti) étant disposé en regard dudit élément magnétique (Gi) de manière à pouvoir être soumis à au moins une partie dudit champ magnétique, ledit générateur thermique (10-14) comportant également des moyens de modulation magnétique (Mj, mj) agencés pour faire varier le champ magnétique reçu par ledit élément thermique (Ti) et des moyens de récupération d'au moins une partie des thermies générées par ledit élément thermique (Ti) soumis à ce champ magnétique variable, caractérisé en ce que lesdits moyens de modulation magnétique comportent au moins un élément de modulation magnétique (Mj, mj), magnétiquement conducteur, couplé à des moyens de déplacement agencés pour le déplacer alternativement par rapport audit élément magnétique (Gi) et audit élément thermique (Ti), entre une position active dans laquelle il est rapproché dudit élément magnétique (Gi) et dudit élément thermique (Ti) et agencé pour canaliser au moins ladite partie dudit champ magnétique destinée à être reçue par ledit élément thermique (Ti) et une position inactive dans laquelle il est éloigné dudit élément magnétique (Gi) et/ou dudit élément thermique (Ti) et agencé pour être sans effet sur cette partie de champ magnétique.

2. Générateur thermique (10, 11, 12, 14) selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit élément de modulation magnétique est un élément de convergence magnétique (Mj) réalisé dans un matériau présentant une conductivité magnétique supérieure à celle existant dans le milieu ambiant séparant ledit élément magnétique (Gi) et ledit élément thermique (Ti) et en ce que ledit élément de convergence magnétique (Mj) est agencé pour, en position active, favoriser le passage dudit champ magnétique en direction dudit élément thermique (Ti) ayant pour effet d'augmenter le champ magnétique le traversant.

3. Générateur thermique (10, 12, 13) selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit élément de modulation magnétique est un élément de divergence magnétique (mj) réalisé dans un matériau présentant une conductivité magnétique supérieure à celle dudit élément thermique (Ti), en ce que ledit élément de divergence magnétique (mj) ayant au moins une forme apte à contourner ledit élément thermique (Ti) et agencée pour, en position active, dévier au moins une partie dudit champ magnétique dudit élément thermique (Ti) ayant pour effet de diminuer le champ magnétique le traversant.

4. Générateur thermique (10-14) selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit élément de modulation magnétique (Mj, mj) est avantageusement réalisé au moins dans l'un des matériaux choisis dans le groupe comprenant le fer doux, les ferrites, les alliages de fer, de chrome, de vanadium, les composites, les nano-composants, les permalloys.

5. Générateur thermique (10, 12) selon les revendications 2 et 3, caractérisé en ce qu'il comporte au moins un élément de convergence magnétique (Mj) et au moins un élément de divergence magnétique (mj), agencés pour permettre alternativement de favoriser le passage du champ magnétique en direction dudit élément thermique (Ti) et de dévier ledit champ magnétique dudit élément thermique (Ti).

6. Générateur thermique (10, 11, 12, 14) selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'au moins en position active, ledit élément de modulation magnétique (Mj, mj) est interposé entre ledit élément magnétique (Gi) et ledit élément thermique (Ti).

7. Générateur thermique (10-14) selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit élément magnétique (Gi) comporte au moins une borne magnétique positive (40) et au moins une borne magnétique négative (41), en ce que ledit élément thermique (Ti) est

disposé entre lesdites bornes magnétiques (40, 41) et en ce qu'au moins en position active, ledit élément de modulation magnétique (Mj, mj) est interposé entre au moins desdites bornes magnétiques (40, 41).

8. Générateur thermique (10, 11, 12, 14) selon les revendications 2, 6 et 7, caractérisé en ce que ledit élément de convergence magnétique (Mj) comporte deux pastilles de convergence (50) placées, en position active, de part et d'autre dudit élément thermique (Ti) entre ledit élément thermique (Ti) et lesdites bornes magnétiques (40, 41).

9. Générateur thermique (10, 12, 14) selon les revendications 3, 6 et 7, caractérisé en ce que ledit élément de divergence magnétique (mj) présente une forme (51) en U ou en C sans limitation de forme destinée à chevaucher, au moins en position active, ledit élément de thermique (Ti) entre ledit élément thermique (Ti) et lesdites bornes magnétiques (40, 41).

10. Générateur thermique (13) selon les revendications 3 et 7, caractérisé en ce que ledit élément de divergence magnétique (mj) comporte au moins un plot (500) destiné à être disposé, en position active, de manière tangente aux-dits éléments thermique (Ti) et aux-dites bornes magnétiques (40, 41), l'entrefer (E) séparant ledit élément thermique (Ti) desdites bornes magnétiques (40, 41) restant libre.

11. Générateur thermique (13) selon la revendication 10, caractérisé en ce que ledit entrefer (E) est compris entre 0 mm et 50 mm et de préférence inférieur à 1 mm.

12. Générateur thermique (10-14) selon la revendication 8 ou 9, caractérisé en ce que ledit élément magnétique (Gi) présente une forme en U ou en C sans limitation de forme destinée à chevaucher ledit élément de modulation magnétique (Mj, mj).

13. Générateur thermique (10-14) selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdits moyens de déplacement sont agencés pour entraîner ledit élément de modulation magnétique (M_j , m_j) selon au moins l'un des déplacements choisi dans le groupe comprenant la rotation continue, la rotation pas à pas, le pivotement alternatif, la translation continue, la translation pas à pas, la translation alternative, une combinaison de ces déplacements.

14. Générateur thermique (10-14) selon la revendication 11, caractérisé en ce que lesdits moyens de déplacement sont couplés à des moyens d'actionnement choisis dans le groupe comprenant un moteur, un vérin, un mécanisme à ressort, un aérogénérateur, un électroaimant, un hydrogénérateur, un mécanisme à force musculaire.

15. Générateur thermique (10-14) selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit élément de modulation magnétique (M_j , m_j) est porté par un support (52a-f) couplé aux-dits moyens de déplacement et réalisé dans un matériau magnétiquement isolant choisi dans le groupe comprenant les matériaux synthétiques, le laiton, le bronze, les aluminiums, les céramiques.

16. Générateur thermique (10-14) selon la revendication 14, caractérisé en ce qu'il comporte au moins un ensemble d'éléments magnétiques (G_i), un ensemble d'éléments thermiques (T_i) chacun destiné à être soumis au champ magnétique d'au moins un desdits éléments magnétiques (G_i), un ensemble d'éléments de modulation magnétique (M_j , m_j) portés par un support (52a-f) couplé aux-dits moyens de déplacement et agencé pour déplacer simultanément lesdits éléments de modulation magnétique (M_j , m_j) pour que chacun soit, par rapport à un élément thermique (T_i) et à un élément magnétique (G_i) donnés, alternativement en position active et en position inactive.

17. Générateur thermique (10-13) selon les revendications 7 et 15, caractérisé en ce que ledit support comporte au moins un plateau (52a-d, 52f) sensiblement circulaire, mobile en rotation autour de son axe, en ce que lesdits éléments thermiques (Ti) sont disposés en anneau et en ce que lesdits éléments magnétiques (Gi) forment au moins une paire de couronnes définissant lesdites bornes magnétiques positive (40) et négative (41).

18. Générateur thermique (10-12) selon la revendication 17, caractérisé en ce que ledit plateau (52a-d) est pourvu d'une gorge (54a-d) définissant l'intervalle séparant lesdites pastilles de convergence (51) desdits éléments de convergence magnétique (Mj) entre-elles et/ou l'ouverture de ladite forme en U ou en C (51) desdits éléments de divergence magnétique (mj).

19. Générateur thermique (10, 11) selon la revendication 18, caractérisé en ce que ladite gorge (54a, 54b) est disposée axialement et sensiblement parallèlement à l'axe dudit plateau (52a, 52b).

20. Générateur thermique (12) selon la revendication 16, caractérisé en ce que ladite gorge (54c, 54d) est disposée radialement et sensiblement perpendiculairement à l'axe dudit plateau (52c, 52d).

21. Générateur thermique (14) selon les revendications 7 et 15, caractérisé en ce que ledit support comporte au moins une barre (52e) sensiblement rectiligne, mobile en translation, en ce que lesdits éléments thermiques (Ti) sont disposés selon au moins une ligne portée par une traverse (70) et en ce que lesdits éléments magnétiques (Gi) forment au moins une paire de rangées définissant lesdites bornes magnétiques positive (40) et négative (41).

22. Générateur thermique (14) selon la revendication 21, caractérisé en ce que lesdits éléments thermiques (Ti) sont disposés selon deux lignes sensiblement parallèles portées par deux traverses (70) reliées et définissant un cadre (72).

23. Générateur thermique selon la revendication 16, caractérisé en ce que lesdits éléments magnétiques sont formés d'une pièce unique.

24. Générateur thermique (10-14) selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit élément magnétique est choisi dans le groupe comprenant un assemblage magnétique, un aimant permanent, un électro-aimant, un aimant supraconducteur, un électro-aimant supra-conducteur, un supra-conducteur.

25. Générateur thermique (10-14) selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit élément magnétique (Gi) et ledit élément thermique (Ti) sont fixes et seul l'élément de modulation magnétique (Mj, mj) est mobile.

26. Générateur thermique (10-14) selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdits moyens de récupération comportent au moins l'un des éléments choisi dans le groupe comprenant un circuit de transport contenant un fluide caloporteur, des moyens de circulation de ce fluide caloporteur, un échangeur thermique.

27. Procédé de génération de thermies au cours duquel on crée un champs magnétique avec au moins un élément magnétique (Gi), on soumet au moins un élément thermique (Ti) réalisé en matériau magnéto-calorique à au moins une partie dudit champ magnétique, on module avec des moyens de modulation magnétique (Mj, mj) ledit champ magnétique reçu par ledit élément thermique (Ti) et on récupère au moins une partie des thermies générées par ledit élément thermique (Ti) soumis à ce magnétique variable, caractérisé en ce que pour faire varier ledit champ magnétique reçu par ledit élément thermique (Ti), on utilise au moins un élément de modulation

magnétique (Mj, mj), magnétiquement conducteur, que l'on déplace entre au moins une position active dans laquelle il est rapproché dudit élément magnétique (Gi) et dudit élément thermique (Ti) et agencé pour canaliser au moins ladite partie dudit champ magnétique destinée à être reçue par ledit élément thermique (Ti) et une position inactive dans laquelle il est éloigné dudit élément magnétique (Gi) et/ou dudit élément thermique (Ti) et agencé pour ne pas canaliser cette partie de champ magnétique.

28. Procédé selon la revendication 27, caractérisé en ce que l'on utilise au moins un élément magnétique (Gi) définissant au moins une borne positive (40) et une borne négative (41) entre lesquelles on dispose ledit élément thermique (Ti) et en ce qu'en position active, on interpose ledit élément de modulation magnétique (Mj, mj) entre au moins lesdites bornes magnétiques (40, 41) dudit élément magnétique (Gi).

1/7

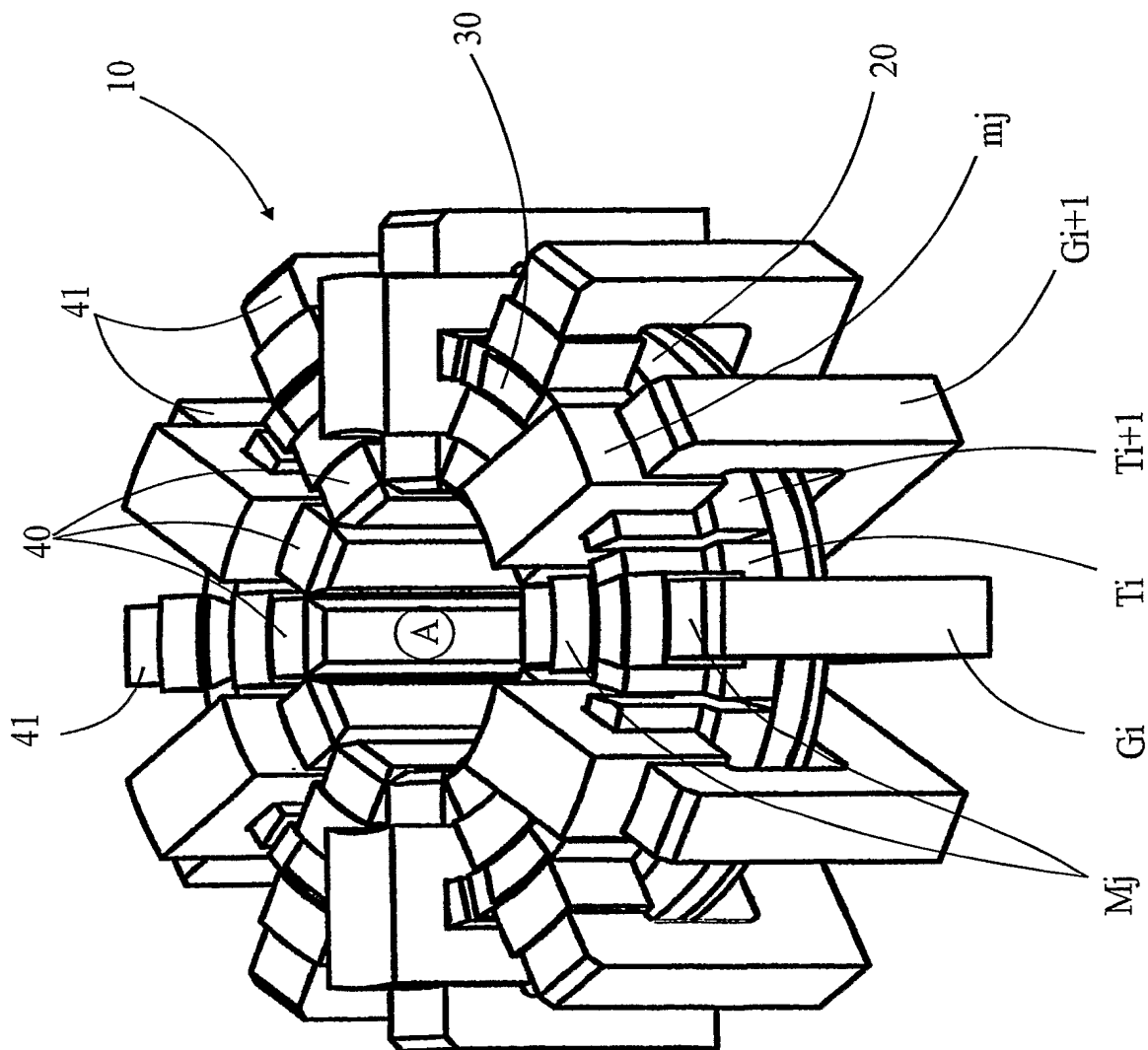


FIG. 1

2/7

FIG. 2A

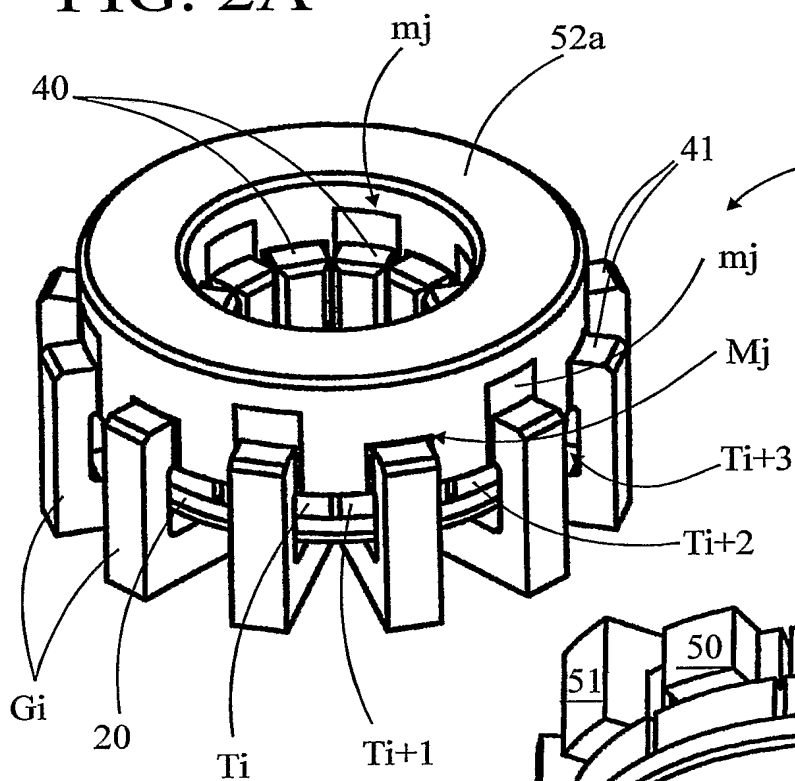


FIG. 2B

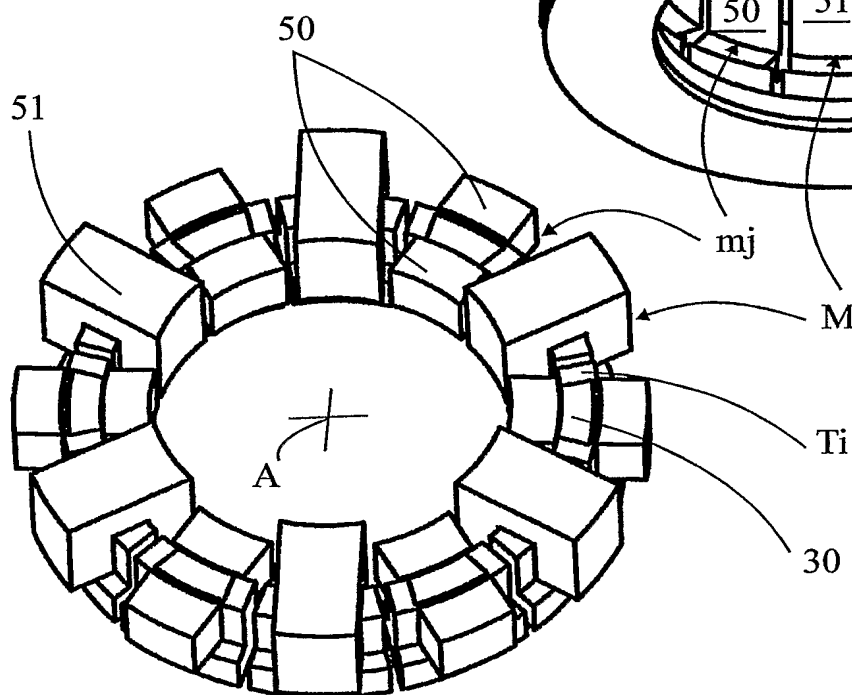
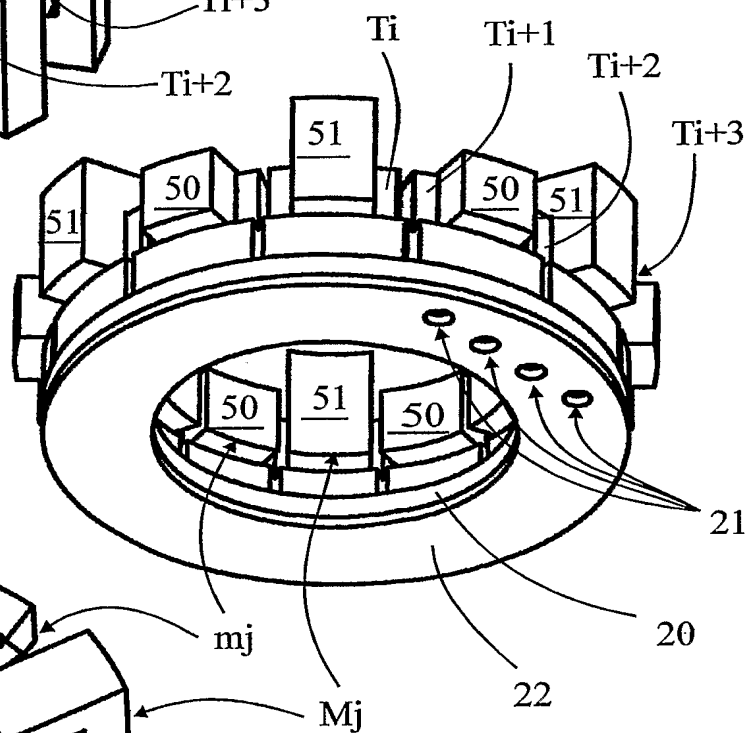


FIG. 2C

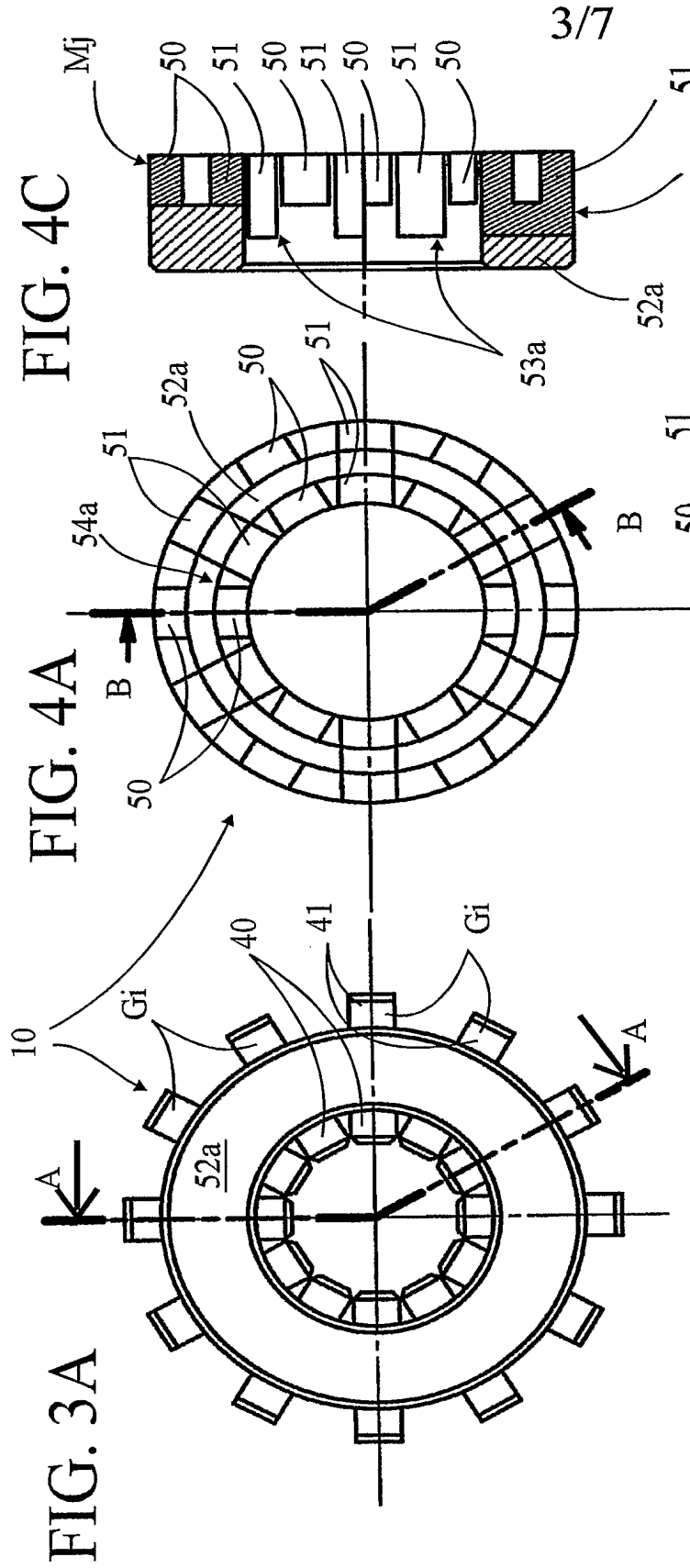


FIG. 3B

FIG. 3C

FIG. 4B

FIG. 4C

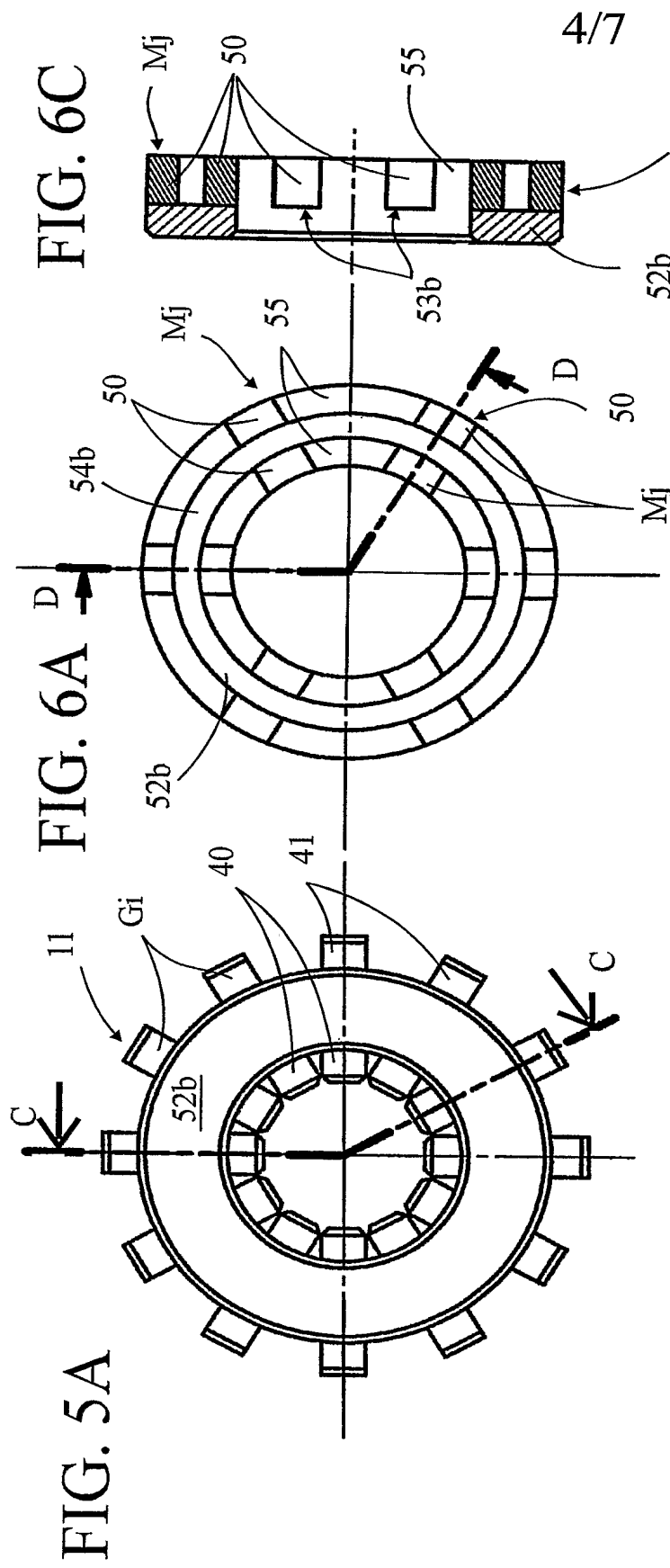
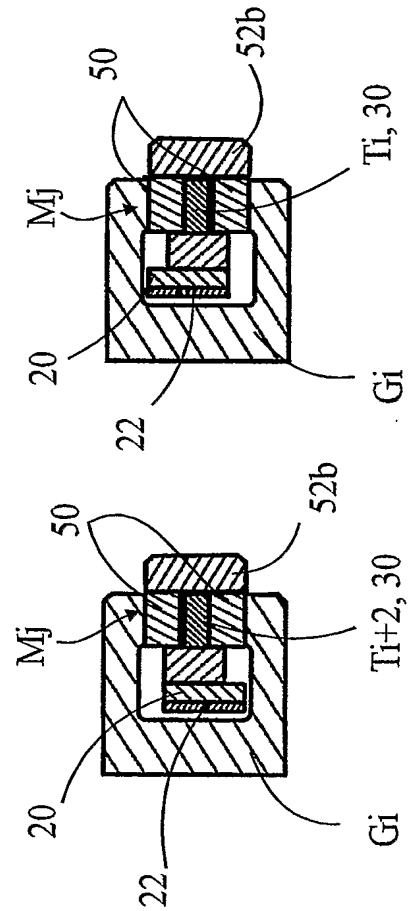


FIG. 5B

FIG. 5C



5/7

FIG. 7D

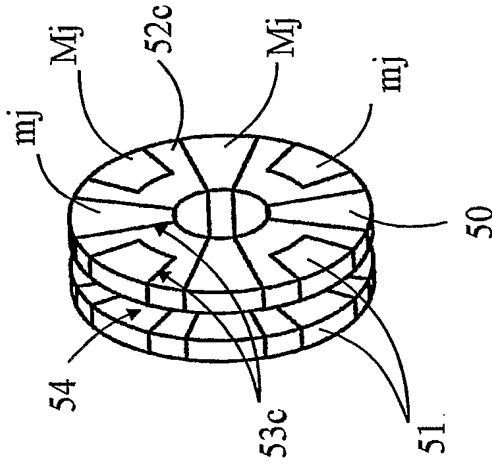


FIG. 7C

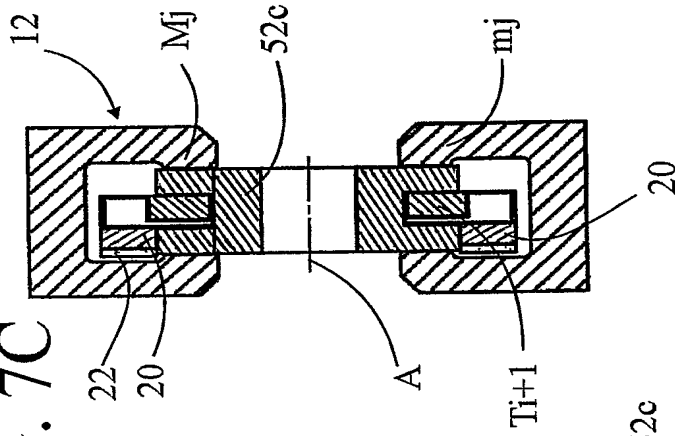


FIG. 7B

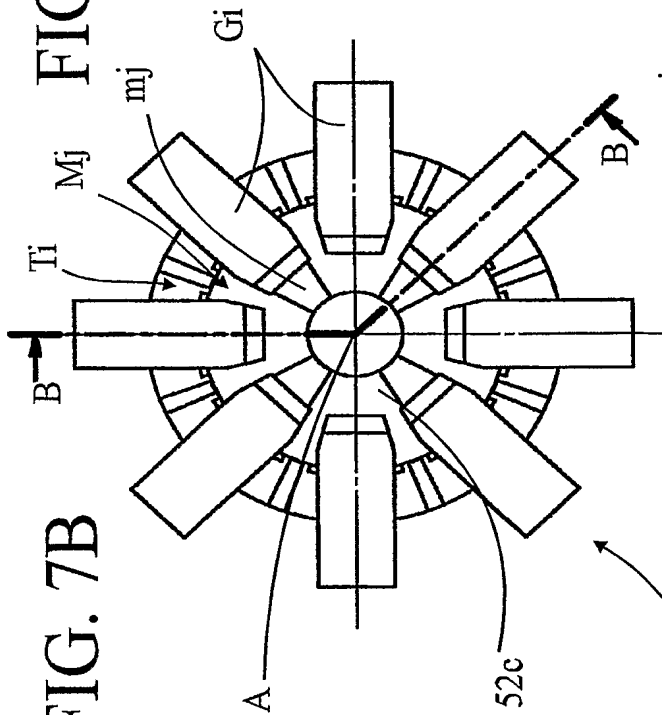


FIG. 8B

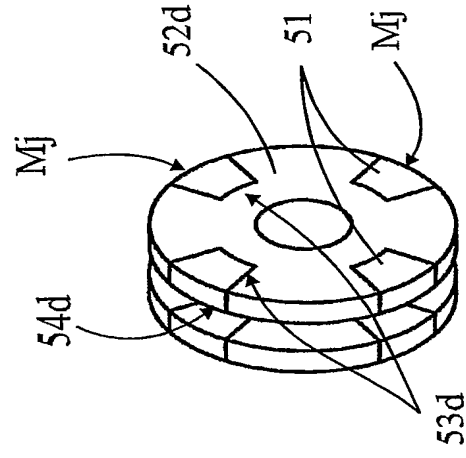


FIG. 8A

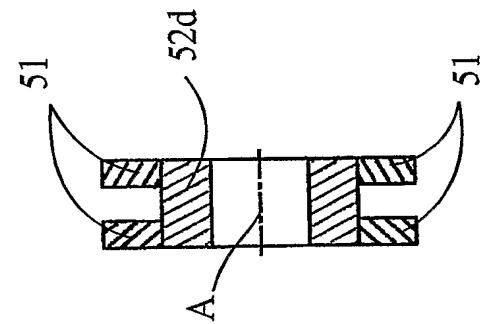
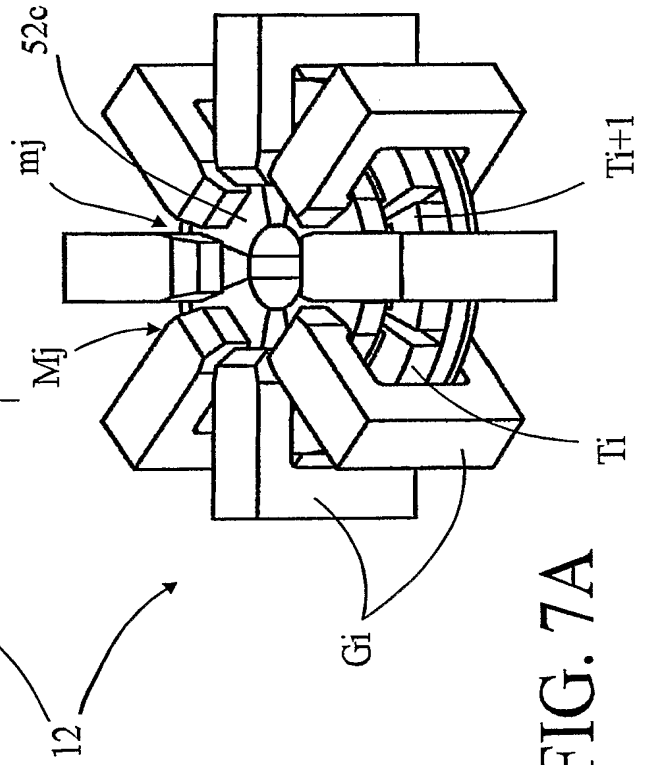
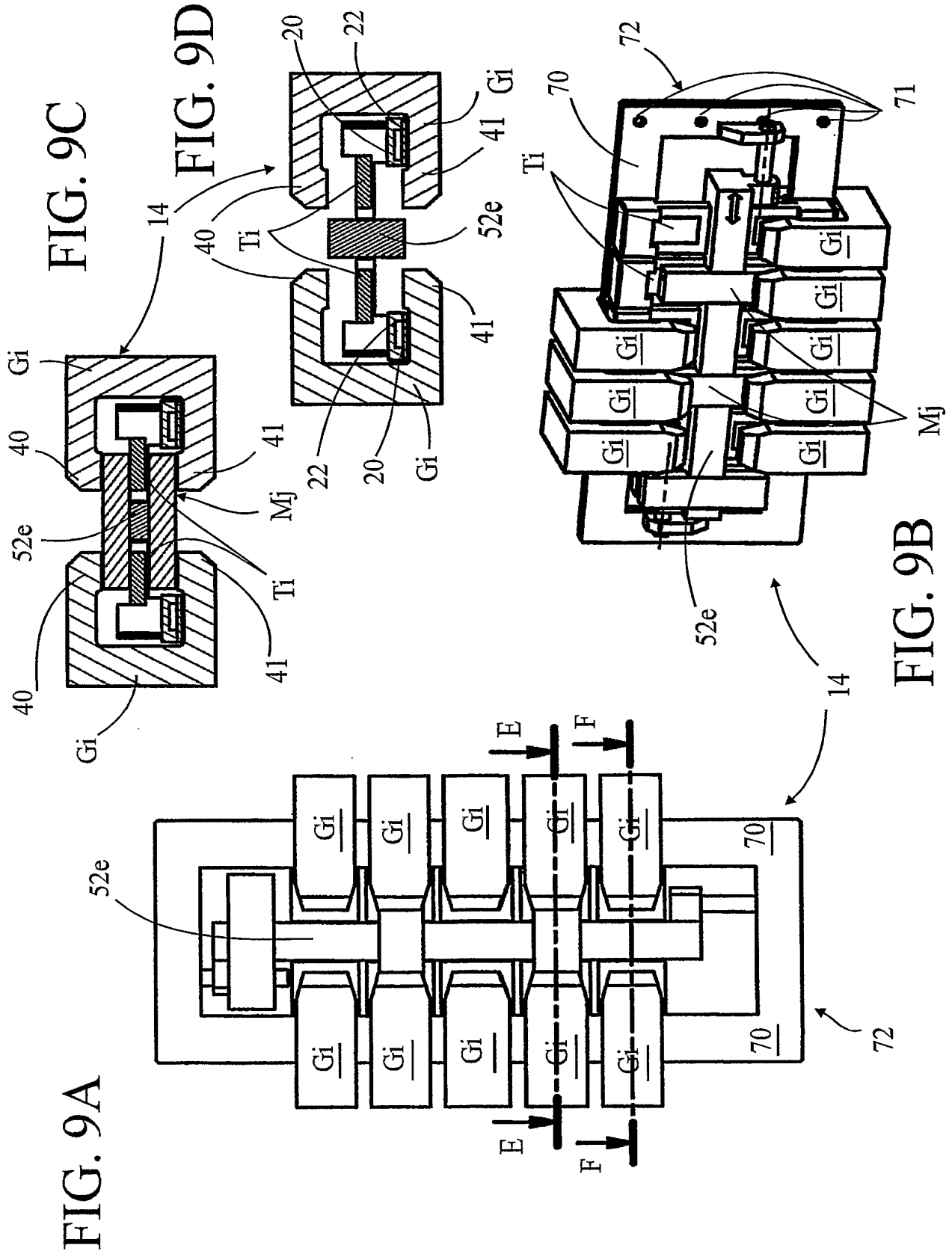


FIG. 7A



6/7



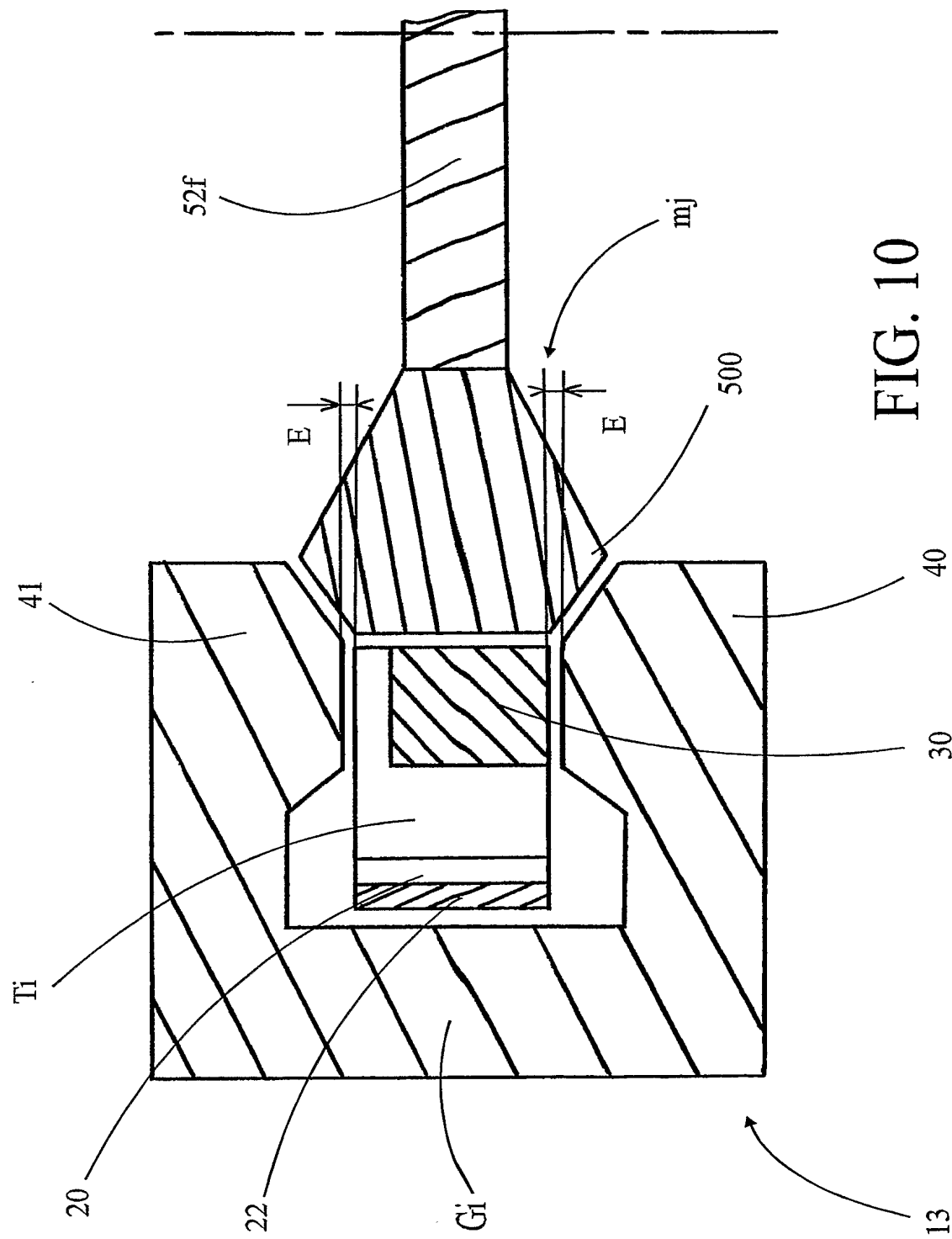


FIG. 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR2005/000741

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F25B21/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F25B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 595 004 B1 (GHOSHAL UTTAM SHYAMALINDU) 22 July 2003 (2003-07-22) the whole document	1-28
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2002, no. 11, 6 November 2002 (2002-11-06) & JP 2002 195683 A (DENSO CORP), 10 July 2002 (2002-07-10) abstract	1-28

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- * & * document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 July 2005

Date of mailing of the international search report

18/08/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ritter, C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR2005/000741

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6595004	B1	22-07-2003	NONE	
JP 2002195683	A	10-07-2002	NONE	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

PCT/FR2005/000741

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 F25B21/00

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 F25B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 6 595 004 B1 (GHOSHAL UTTAM SHYAMALINDU) 22 juillet 2003 (2003-07-22) le document en entier	1-28
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2002, no. 11, 6 novembre 2002 (2002-11-06) & JP 2002 195683 A (DENSO CORP), 10 juillet 2002 (2002-07-10) abrégé	1-28

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

A document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

E document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

L document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

O document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

P document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

T document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

X document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

Y document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

Z document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

27 juillet 2005

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

18/08/2005

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Ritter, C

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale No

PCT/FR2005/000741

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 6595004	B1	22-07-2003	AUCUN	
JP 2002195683	A	10-07-2002	AUCUN	